

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 0 813 164 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
17.12.1997 Bulletin 1997/51

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **G06K 9/00**

(21) Numéro de dépôt: **97401345.0**

(22) Date de dépôt: **13.06.1997**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE**

(72) Inventeur: **Malinquet, Jean-François**  
**94117 Arcueil Cedex (FR)**

(30) Priorité: **14.06.1996 FR 9607419**

(74) Mandataire: **Guérin, Michel et al**  
**THOMSON-CSF-S.C.P.I.,**  
**13, Avenue du Président**  
**Salvador Allende**  
**94117 Arcueil Cédex (FR)**

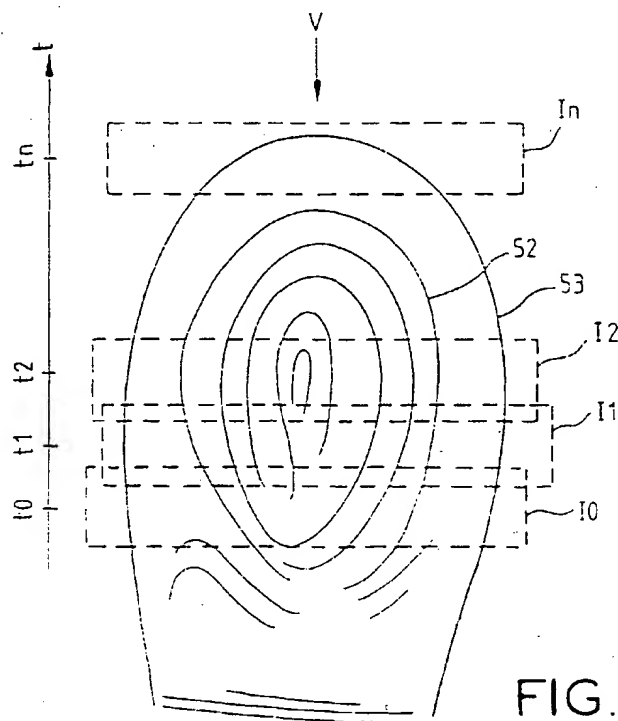
(71) Demandeur: **THOMSON-CSF**  
**75008 Paris (FR)**

(54) **Système de lecture d'empreintes digitales**

(57) L'invention propose un système de lecture d'empreintes digitales comportant un capteur (10, 50) d'empreintes ayant une surface active sensible à la pression et à la température d'un doigt (11, 53) et dont la surface est bien plus petite que la surface de l'empreinte digitale (52) à lire, la lecture s'effectuant lorsque le capteur et le doigt sont en contact et dans un mouve-

ment relatif de glissement du capteur et du doigt l'un par rapport à l'autre. Le système comporte des moyens pour reconstituer une image complète de l'empreinte à partir des images (I0, I1, ... In) partielles fournies par le capteur pendant ce mouvement.

Application notamment dans les dispositifs d'authentification de personnes.



**FIG. 5**

**EP 0 813 164 A1**

## Description

L'invention concerne les systèmes de lecture d'empreintes digitales, utilisés notamment dans des dispositifs d'authentification de personnes.

Les nombreux systèmes d'authentification des personnes basés sur l'analyse des empreintes digitales, comportent au moins un capteur permettant d'obtenir une image de l'empreinte digitale de la personne à identifier. Dans les systèmes actuels, le doigt est posé sur le capteur dont la surface de lecture doit être nécessairement de l'ordre de grandeur du doigt. Le capteur est associé à un système d'analyse permettant de comparer l'image de l'empreinte digitale qu'il fournit, à une image d'une empreinte digitale de référence stockée sur un médium adéquat, par exemple une carte à puce.

Dans la plupart des cas, les capteurs fournissent une information de type analogique et le système d'analyse fait appel à un traitement numérique de l'image de l'empreinte digitale qui doit être numérisée en sortie du capteur à l'aide d'un convertisseur analogique numérique. Dans certaines réalisations, le capteur délivre directement l'image numérisée.

Les systèmes de lecture des empreintes digitales sont souvent basés sur l'utilisation de dispositifs optiques comme par exemple une caméra vidéo captant l'image du doigt, mais une simple photographie du même doigt permet d'obtenir la même image en sortie de la caméra et ainsi de frauder le système. Pour pallier à cet inconvénient, certains systèmes utilisent des prismes ou des microprismes afin de s'assurer que c'est bien un véritable doigt et non une photographie qui se trouve placé devant le capteur, la réflexion de la lumière ne s'effectuant qu'aux endroits où les sillons de l'empreinte ne touchent pas le prisme, une photographie est alors inopérante. Néanmoins les systèmes optiques ne permettent pas de déterminer si le doigt qui est placé devant le capteur est bien vivant et n'est donc pas un doigt par exemple moulé. Les systèmes optiques présentent d'autres inconvénients comme par exemple leur volume important et un coût de production élevé.

D'autres moyens ont été proposés pour réaliser des dispositifs d'authentification de personnes par les empreintes digitales, exploitant les possibilités de traitement collectif de l'industrie du semi-conducteur, donc potentiellement moins coûteux et offrant les avantages de l'intégration du capteur et de tout ou partie de la chaîne de traitement des données du dispositif d'authentification notamment la numérisation de l'image en sortie du capteur, le stockage de l'image de référence et l'authentification. Le capteur de lecture des empreintes digitales comporte une matrice d'éléments sensibles, organisée en lignes et en colonnes, fournissant un signal électrique différent selon qu'une crête du sillon de l'empreinte digitale touche ou ne touche pas un élément sensible du capteur.

Des brevets ont été déposés sur différents moyens de lecture des empreintes digitales :

- le brevet US, 4,353,056, décrit un principe de lecture basé sur la variation de la capacité des éléments sensibles du capteur.

5 D'autres systèmes comportent des capteurs ayant des composés sensibles à la pression, à la température ou bien à la pression et à la température transformant l'information spatiale de pression et/ou de température en un signal électrique qui est ensuite collecté par un multiplexeur à semi-conducteurs, qui peut être par exemple une matrice de transfert de charges, connue sous la dénomination anglaise de "CCD", le brevet US, 4,394,773, décrit un tel principe.

10 Les capteurs basés sur les effets piézo et/ou pyro-électrique sont les plus intéressants car ils sont sensibles à la pression et/ou à la chaleur exercée sur ses éléments sensibles, ce qui permet de déterminer, lors de la lecture de l'empreinte digitale, si le doigt est bien vivant par la chaleur propre qu'il dégage. Il est aussi possible de détecter les variations dues à la pulsation du sang dans le doigt, induisant une variation de chaleur et/ou de pression, ce qui permet d'obtenir une plus grande fiabilité dans l'authentification de l'empreinte digitale.

15 Ces types de capteurs, directement intégrables sur un substrat semi-conducteur ont des inconvénients qui freinent leur introduction sur le marché. La surface du capteur est nécessairement de l'ordre de grandeur d'un doigt, soit de l'ordre de plusieurs centimètres carrés à une dizaine de centimètres carrés lorsqu'on souhaite avoir la totalité de la première phalange du doigt qui, dans ce cas, doit être roulé sur le capteur afin de présenter la totalité de l'empreinte digitale sur le capteur. Ceci diminue le nombre de candidats possibles dans une tranche de silicium, les rendements de fabrication des tranches de silicium diminuent proportionnellement à leur surface augmentant considérablement le coût de fabrication.

20 Le signal électrique fourni par les capteurs intégrés sur un substrat semi-conducteur est fugitif et un système spécifique est nécessaire pour le maintenir dans le temps car les charges électriques sont induites par des variations des effets physiques (température, pression...) sur le capteur et en conséquence le signal à sa sortie tend à disparaître à la mise en équilibre des effets physiques. Les constantes de temps de disparition du signal sont de l'ordre de quelques millisecondes à quelques secondes dans les cas favorables.

25 Le résultat pratique est la production d'une série d'images à partir du moment où le doigt est posé sur le capteur. La qualité de contraste de ces images n'est pas stable et elles ont tendance à s'évanouir ce qui complique la tâche du système de reconnaissance car il doit alors analyser toutes les images produites en permanence par le capteur afin de trouver la plus correcte pour l'authentification.

30 Des systèmes avec une excitation extérieure au capteur ont été proposés, par exemple envoi d'un faisceau d'énergie sous forme de micro-ondes, mais ils

compliquent le système et augmentent son volume et son prix.

On peut pallier la disparition transitoire de l'image de l'empreinte à l'aide d'une mémoire électronique mais ceci complique la conception du capteur et augmente son coût de fabrication car cela requiert une technologie permettant de réaliser cette mémorisation et il est très difficile de construire un système suffisamment précis, fiable et peu coûteux capable de décider quelle est la meilleure image parmi toutes celles produites par le capteur.

La présente invention propose de pallier les inconvénients de l'art antérieur en proposant un système de lecture d'empreinte digitale comportant des moyens de lecture de l'empreinte digitale lorsque le doigt et un capteur appartenant aux moyens de lecture sont en contact dans un mouvement relatif de glissement du capteur et du doigt l'un par rapport à l'autre et des moyens pour reconstituer une image de l'empreinte à partir d'images partielles obtenues pendant ce mouvement.

Un glissement du doigt sur un capteur fixé sur un bâti, ou le glissement d'un capteur mobile sur un doigt fixe ou d'une façon plus générale le glissement du doigt et du capteur l'un par rapport à l'autre, stabilise la qualité de l'image fournie par le capteur. En effet au moment du glissement du doigt sur le capteur, les variations physiques au niveau de chaque élément sensible du capteur sont permanentes car les sillons de l'empreinte digitale le touchent successivement avec une vitesse du même ordre de grandeur ou plus rapide que la constante de temps caractéristique de la couche sensible du capteur. Le capteur fournit dans ces conditions une succession d'images ayant un contraste de qualité constante.

Un autre aspect de cette invention réside dans le fait que, dans la mesure où on effectue un glissement relatif du doigt sur le capteur, il est possible de réduire la taille du capteur à des dimensions inférieures à la taille du doigt. Par exemple en supposant que le doigt se déplace sur le capteur dans le sens de sa longueur, la longueur du capteur peut être réduite, ne couvrant plus qu'une petite surface de l'empreinte digitale. Dans ce cas, les signaux électriques fournis par le capteur pendant le glissement relatif du doigt sur le capteur, correspondent à une succession d'images partielles de l'empreinte du doigt et dans la mesure où la vitesse relative de déplacement du doigt par rapport au capteur ne dépasse pas une certaine valeur maximale, une image fournie par le capteur à un instant donné recouvrira au moins partiellement la suivante. L'image complète de l'empreinte digitale pourra être reconstituée par un système de traitement spécifique.

La réduction de taille du capteur et donc, sa surface, aura comme conséquence une diminution importante de son coût de fabrication.

L'invention propose que le capteur appartenant aux moyens de lecture de l'empreinte digitale, soit caractérisé par le fait que la surface du capteur est plus petite

que la surface de l'empreinte digitale et ne délivre que des images partielles de l'empreinte digitale complète. La reconstruction de l'image complète de l'empreinte digitale étant obtenue par la superposition d'images successives fournies par le capteur au cours de son déplacement relatif par rapport au doigt.

D'autres caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée des réalisations suivantes et qui est faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente une vue générale du capteur d'empreinte ;
- la figure 2 montre l'utilisation du capteur d'empreinte ;
- la figure 3 représente une coupe schématique montrant la constitution du capteur ;
- la figure 4 représente le synoptique d'un exemple de réalisation d'un système de lecture d'empreintes digitales selon l'invention ;
- la figure 5 représente différentes positions relatives du capteur du doigt au moment de la lecture de l'empreinte ;
- les figures 6 et 7 représentent deux images consécutives en sortie du capteur ;
- les figures 8, 9 et 10 représentent des essais de superpositions de deux images successives en sortie du capteur ;
- les figures 11 et 12 représentent deux étapes de reconstitution de l'image complète de l'empreinte digitale.

La figure 1, montre une vue générale d'un exemple de réalisation du capteur d'empreinte selon l'invention. Le capteur d'empreinte 10, est un circuit intégré ayant la forme d'une barrette de largeur sensiblement égale à celle d'un doigt 11, par exemple 1 ou 2 centimètres, mais de longueur beaucoup plus petite que sa largeur par exemple quelques millimètres, couvrant partiellement l'empreinte digitale à lire. Le capteur est contenu dans un support 12 comportant des broches de connexion extérieure 13.

Dans une réalisation, le circuit intégré est constitué d'une couche active pyro/piézo-électrique placée entre une électrode supérieure et un réseau matriciel d'électrodes inférieures. Les électrodes inférieures reposent sur un substrat semi-conducteur dans lequel est formé un circuit électronique intégré apte à traiter les charges électriques engendrées par la couche pyro/piézo-électrique sur chacune des électrodes du réseau. Ce circuit électronique intégré est relié à des broches de connexion extérieures qui peuvent transmettre des signaux électriques dont l'ensemble représente une image d'un motif de pression exercé sur la couche active. La constitution des électrodes inférieures en réseau matriciel permet de réaliser un réseau d'éléments sensibles pyro/piézo-électriques individuels même si la couche pyro/piézo-électrique est continue. Le réseau matriciel d'élé-

ments sensibles est organisé en lignes et colonnes.

Les éléments sensibles du capteur sont généralement de forme carrée. La sensibilité des éléments sensibles est proportionnelle à leur surface. Il est possible d'augmenter la sensibilité des éléments sensibles en augmentant leur surface, par exemple, en gardant la même largeur de l'élément sensible, augmenter sa longueur dans le sens de déplacement relatif du doigt par rapport au capteur. Par exemple dans le cas d'un déplacement relatif du doigt par rapport au capteur dans le sens des colonnes de la matrice d'éléments sensibles, on pourrait pratiquement doubler leur sensibilité en réalisant des éléments sensibles de forme rectangulaire dont la longueur dans le sens des colonnes serait double de leur largeur dans le sens des lignes de la matrice d'éléments sensibles. Ceci comporte l'avantage d'augmenter la qualité de définition et de contraste des images fournies par le capteur.

La figure 2 montre le doigt 11 lorsqu'il est appuyé sur la surface active du circuit intégré à un instant donné de son déplacement relatif sur le capteur 10, un motif de pression est engendré dans la couche pyro et piézo-électrique et ce motif est détecté par le réseau matriciel. La détection se fait sous forme de mesure de variation de charges engendrées dans les différents éléments pyro/piézo-électriques du réseau. Ces variations de charges sont obtenues sur les électrodes inférieures du réseau. Les signaux électriques fournis par le capteur correspondent à une image du motif de pression et de température appliqués contre la surface active du capteur à un instant donné. Si on utilisait ces signaux pour afficher cette image à un instant donné, on observerait une image représentant une partie de l'empreinte digitale du doigt appuyé sur le capteur à un instant donné de son déplacement relatif sur le capteur.

Dans une autre réalisation, selon l'invention, les éléments sensibles de la matrice du capteur sont constitués par des éléments capacitifs permettant de capter le motif matriciel de capacité créé par les crêtes et les creux de l'empreinte digitale glissant sur la surface du capteur. Le motif matriciel de capacité est transformé par le capteur en signaux électriques qui comme dans le cas de la réalisation précédente correspondent à une partie de l'empreinte digitale à un instant donné de son déplacement relatif sur le capteur.

Afin de diminuer le coût du système, il serait possible d'utiliser un capteur comportant une seule ligne éléments sensibles et d'effectuer un déplacement relatif du doigt sensiblement perpendiculairement à la ligne d'éléments sensibles mais il faudrait connaître précisément la vitesse de déplacement relatif du doigt par rapport au capteur et à tout moment du déplacement afin de reconstituer sans déformation, l'image complète de l'empreinte digitale. Une solution pour reconstituer l'image sans déformation, consisterait à imposer la vitesse relative de déplacement du capteur par rapport au doigt, par exemple en utilisant un capteur entraîné par un moteur électrique asservi, le doigt étant fixe.

Dans un système d'authentification d'empreintes digitales à très faible coût selon l'invention, il serait possible d'utiliser un capteur comportant une seule ligne d'éléments sensibles et sans la connaissance ou l'imposition par le système, de la vitesse de déplacement relatif du doigt sur le capteur. En effet, bien que l'empreinte digitale ne puisse être reconstituée dans sa forme exacte, elle pourrait être authentifiée à l'aide d'un algorithme adéquat de traitement d'image.

Afin de s'affranchir de ces contraintes le capteur devra comporter plusieurs lignes d'éléments sensibles permettant de reconstituer par le système de lecture, l'image complète de l'empreinte digitale. De préférence le nombre de lignes du capteur sera le plus faible possible afin d'obtenir un capteur ayant une très faible surface et en conséquence un faible coût.

Le nombre minimum de lignes du capteur nécessaires dépend :

- de la taille des éléments sensibles du capteur (pixels)
- de la vitesse relative du doigt par rapport au capteur
- du nombre d'images par seconde que pourra délivrer le capteur car il faut impérativement un recouvrement suffisant entre deux images successives de l'efficacité de l'algorithme de traitement des images partielles issues du capteur, permettant la reconstitution de l'image complète de l'empreinte.

Il faut au moins une ligne de recouvrement entre deux images successives fournies par le capteur, mais pratiquement environ 5 à 6 lignes de recouvrement semblent nécessaires afin de pallier certains défauts du capteur et rendre le système plus tolérant aux pertes de qualité de l'image, sachant que la distance entre deux sillons consécutifs de l'empreinte digitale est en moyenne de l'ordre de 120 micromètres. Le capteur doit comporter un nombre de lignes suffisant afin de pouvoir reconstituer sans trop de difficultés l'image complète de l'empreinte digitale. Le nombre de lignes peut être établi de la façon suivante :

Considérons que la distance entre deux éléments sensibles consécutifs est de 50 micromètres et que la largeur de la zone active du capteur est de 2,5 centimètres, chaque ligne du capteur comportera 500 éléments sensibles. En prenant un capteur comportant 40 lignes (soit une longueur du capteur de 2 millimètres) le nombre total d'éléments sensibles à lire sera de 20000. Dans le cas où la vitesse de lecture est limitée à 1 million d'éléments sensibles par seconde, le capteur fournira 50 images par seconde. En prenant un recouvrement sur la longueur des images de 10 éléments sensibles, soit de 10 lignes, le déplacement maximum du doigt entre deux images consécutives ne doit pas dépasser 30 éléments sensibles entre deux images, soit 1500 micromètres en 20 millisecondes, soit 7,5 centimètres par seconde, ce qui est une vitesse raisonnable de déplacement relatif du doigt par rapport au capteur.

La réduction du nombre de lignes du capteur, permet d'obtenir plus d'image par seconde pour une même vitesse de lecture d'éléments sensibles par seconde, mais la distance maximum pouvant être parcourue par le doigt sur le capteur est réduite d'autant. Il faut plutôt augmenter la fréquence de lecture des éléments sensibles pour pouvoir accepter des vitesses de déplacement relatif du doigt sur le capteur plus importantes.

Les dimensions de la surface active du capteur seront comprises de préférence entre 1 cm et 2,5 cm pour la largeur et inférieures à 5 millimètres pour la longueur.

On pourrait envisager, bien que cela rende le traitement électronique plus complexe, un capteur de largeur bien inférieure à celle d'un doigt, à condition de prévoir plusieurs passages du doigt sur le capteur (ou du capteur sur le doigt) pour couvrir toute la surface désirée de l'empreinte à lire. Ceci permet d'avoir un capteur de petite dimension, donc moins coûteux à réaliser.

Les systèmes d'authentification des personnes par les empreintes digitales comportent toujours en pratique un traitement numérique de l'image pour authentifier l'individu. La réalisation la plus simple consiste à incorporer l'algorithme de reconstruction de l'image dans le système comportant l'algorithme d'authentification.

Une solution possible est l'intégration sur le même substrat du capteur, du convertisseur analogique numérique qui digitalise l'image et envoie les données résultantes à un microprocesseur comportant une mémoire morte contenant l'algorithme de reconstruction et une mémoire vive contenant l'image reconstruite en fin de traitement. Cette image sera ensuite traitée dans un dispositif du système effectuant l'identification.

Ces différentes solutions proposées ne sont pas limitatives et d'autres solutions d'intégration sont possibles suivant les possibilités offertes par les technologies des semi-conducteurs.

La figure 3 représente schématiquement un exemple d'un circuit intégré constituant le capteur d'empreinte selon l'invention.

Le circuit intégré est formé sur un substrat semi-conducteur 20, qui est en principe un substrat de silicium. Dans ce substrat sont formés des circuits de lecture et de traitement de charges électriques 22 ; ces circuits sont par exemple des circuits CCD (circuits à transfert de charges), ou des circuits C-MOS. Ils sont réalisés selon les technologies courantes de fabrication de circuits intégrés au silicium. Les circuits sont constitués en réseau, en fonction du motif matriciel d'éléments piézo-électriques qui sera formé ultérieurement.

L'ensemble des circuits de lecture et de traitement de signaux est en principe recouvert d'une couche de planarisation 24, qui est par exemple une couche de polyimide de quelques micromètres d'épaisseur, déposée à la tournette.

La couche de planarisation 24 est gravée périodiquement, en fonction du motif d'éléments piézo-électriques qui va être formé, pour ouvrir des ouvertures 26 par lesquelles les éléments piézo-électriques indivi-

duels pourront être reliés chacun à un circuit de lecture de charges respectif du substrat silicium.

Un réseau d'électrodes inférieures 28 est formé sur la couche de planarisation ; chaque électrode vient en contact, à travers une ouverture 26 respective, avec un circuit de lecture de charge du substrat de silicium.

Une couche active piézo-électrique 30 est déposée sur le substrat ainsi recouvert d'un réseau d'électrodes. Cette couche est de préférence une couche de matériau polymère pyroélectrique et elle peut être continue. Cette couche est relativement souple (matière plastique polymère). Elle est recouverte d'une électrode supérieure 32 continue. On définit ainsi un réseau d'éléments piézo-électriques constitués chacun par une électrode inférieure 28, la portion de couche piézo-électrique 30 située juste au-dessus d'elle et la portion d'électrode supérieure 32 qui la recouvre. Les charges électriques engendrées par une pression localement exercée sur cet élément sont lues par le circuit de lecture correspondant, relié électriquement à l'électrode inférieure correspondante à travers une ouverture 26.

Une couche de protection 34, par exemple une couche de polyimide d'une dizaine de micromètres d'épaisseur, est déposée au-dessus de l'électrode supérieure 32. Cette couche de protection doit être à la fois assez rigide et assez souple pour transmettre verticalement sans modification le motif de pressions qui est exercé sur elle (le doigt étant appuyé directement sur cette couche).

Les circuits électroniques du substrat 20 sont raccordés à l'extérieur par l'intermédiaire de plots de contacts non représentés situés à la surface du circuit.

Le matériau de la couche pyro/piézo-électrique peut être par exemple un polyfluorure de vinylidène (PVDF), un polyfluorure de vinylidène-trifluoroéthylène (PVDF-TrFE), un polycyanure de vinylidène-vinylacétate (PVDCN-VAc), un polycyanure de vinylidène-fluorure de vinylidène (PVDCN-VDF). D'autres couches sensibles sont possibles, en particulier toutes celles qui produisent des charges électriques en fonction d'un paramètre physique.

Dans le cas des copolymères précédemment cités, le principal effet utilisé est la génération des charges électriques induites par la variation de température et/ou de pression du copolymère. Cette variation de température et/ou de pression est induite par le contact des crêtes des sillons de l'empreinte digitale avec la surface du capteur, en général constitué d'une fine couche de protection de quelques dizaines de micromètres évitant une dissipation thermique latérale trop importante, déposée sur un réseau d'électrodes connectés au circuit de multiplexage.

Nous allons décrire par la suite un exemple de réalisation d'un système selon l'invention comportant un capteur ayant une surface bien inférieure à la surface de l'empreinte digitale à lire et dont la longueur (nombre de lignes de matrice du capteur) est bien plus petite que sa largeur (longueur des lignes du capteur), la largeur

du capteur dans cet exemple étant au moins égale à la largeur du doigt dont on veut lire l'empreinte digitale.

La figure 4, représente un synoptique d'un système comportant un capteur 50 sur un substrat semi-conducteur, ayant un convertisseur analogique/numérique 51, intégré sur le même substrat et fournissant des images partielles numérisées de l'empreinte digitale 52, par exemple d'un doigt 53, à des instants successifs au cours d'un déplacement relatif du doigt 53 sur le capteur 50. Les images partielles numérisées sont présentées aux entrées de traitement 55 d'un microprocesseur 60 comportant une mémoire vive 61 et une mémoire morte 63 contenant un algorithme de traitement permettant la reconstruction de l'image complète de l'empreinte digitale 52 du doigt 53 et l'authentification de cette empreinte.

Nous allons décrire le fonctionnement du système représenté par le synoptique de la figure 4 :

Considérons le doigt 53 et son empreinte digitale 52, représentés à la figure 5. Le doigt 53, glisse sur le capteur perpendiculairement aux lignes de la matrice d'éléments sensibles du capteur, selon la direction V. Les différentes positions aux instants  $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$  de la fenêtre active du capteur au cours de son déplacement relatif par rapport au doigt 53, sont représentées en pointillés. Le capteur génère les images successives  $I_0, I_1, I_2, \dots, I_n$ , aux instants respectifs  $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$  et la vitesse de déplacement relative du doigt sur le capteur est telle qu'au moins une image recouvre partiellement la suivante. Par exemple  $I_0$  recouvre partiellement  $I_1$ ,  $I_1$  recouvre partiellement  $I_2$  et ainsi de suite.

Pour rendre plus claire la représentation du mouvement relatif du doigt 53 par rapport au capteur 50, sur la figure 5, le doigt 53 est représenté fixe et le capteur 50 mobile par rapport au doigt, le fonctionnement du système serait le même dans le cas d'un doigt mobile et un capteur fixe ou d'une façon plus générale un doigt mobile glissant sur un capteur mobile. Le paramètre à considérer étant le mouvement relatif du doigt et du capteur, l'un par rapport à l'autre, dans une direction sensiblement perpendiculaire à la largeur du capteur.

Considérons l'instant initial  $t_0$  comme étant l'instant de lecture de la première image partielle  $I_0$  de l'empreinte digitale 52. La figure 6 montre la première image partielle  $I_0$  fournie par le capteur à l'instant  $t_0$  et la figure 7 la deuxième l'image partielle  $I_1$  fournie par le capteur à l'instant suivant  $t_1$ , de l'empreinte digitale 52.

Les images  $I_0, I_1, I_2, \dots, I_n$ , sont transmises aux entrées de traitement 53 du microprocesseur 60 et stockées dans la mémoire vive 61. L'algorithme situé dans la mémoire morte 63 effectue des traitements des images stockées dans la mémoire vive 61 consistant à essayer successivement tous les recouvrements possibles entre les images  $I_0$  et  $I_1$  et d'affecter à chaque essai un coefficient de corrélation. Le meilleur coefficient de corrélation, indiquera au système la position de recouvrement optimum des deux images  $I_0$  et  $I_1$  et l'opération sera recommencée avec l'image suivante  $I_2$  fournie par

le capteur 50 au microprocesseur 60 et ainsi de suite jusqu'à la reconstitution complète de l'empreinte digitale.

Différentes stratégies de corrélation peuvent être utilisées afin de reconstituer l'image complète de l'empreinte digitale à partir des images partielles successives de cette même empreinte. Par exemple, une stratégie de corrélation consiste à comparer les niveaux de tous les éléments sensibles de chacune des deux premières images  $I_0$  et  $I_1$  successives pour chaque cas de recouvrement possible de deux images.

La figure 8 montre un premier essai effectué par l'algorithme de traitement du système dans une première position  $P_1$  de superposition des deux images  $I_0$  et  $I_1$ , sur une zone  $Z_0$  commune aux deux images. Le système de traitement compare les niveaux de éléments sensibles de chaque image  $I_0$  et  $I_1$  situés aux mêmes points de la zone commune  $Z_0$  et si le nombre d'éléments sensibles dont les niveaux sensiblement identiques est inférieur à une valeur prédéterminée, le système modifie la position de superposition des deux images vers une position suivante  $P_2$  (représentée à la figure 9) correspondant à une nouvelle zone de superposition  $Z_1$  des images  $I_0$  et  $I_1$  et le système effectue une nouvelle comparaison des niveaux des éléments sensibles des deux images  $I_0$  et  $I_1$  dans la zone  $Z_1$  et ainsi de suite pour des positions suivantes  $P_3, \dots, P_n$  des deux images (représentée à la figure 10) jusqu'à ce que le nombre d'éléments sensibles de niveau sensiblement identiques situés aux mêmes points dans une zone de recouvrement commune  $Z_n$  des deux images  $I_0$  et  $I_1$  soit supérieur à une valeur prédéterminée correspondant une identité probable des zones  $Z_n$  des images respectives  $I_0$  et  $I_1$ , dans la position  $P_n$ .

Une image résultante  $I_{r1}$ , représentée à la figure 10, des deux images  $I_0$  et  $I_1$  pourrait être une image issue d'une pondération entre les deux images  $I_0$  et  $I_1$  dans leur position de recouvrement optimum  $P_n$ , permettant d'améliorer la qualité de l'image résultante de superposition. L'image  $I_{r1}$  est gardée dans la mémoire vive du microprocesseur pour la suite du traitement.

L'image suivante  $I_2$  représentée à la figure 11 à l'instant  $t_2$  en sortie de capteur 50 est transmise au microprocesseur 60 qui est à son tour comparée à l'image résultante  $I_{r1}$  de la même façon que précédemment permettant d'obtenir une image  $I_{r2}$ , représentée à la figure 11, résultant de la superposition de  $I_0, I_1$  et  $I_2$  dans leur position optimum de recouvrement. Le processus se répète de la même façon jusqu'à l'obtention de l'image complète  $I_{rn}$  de l'empreinte digitale 52, représentée à la figure 12.

L'algorithme de traitement du système, pourra tenir compte des résultats précédents à une nouvelle recherche de superposition optimale entre deux images successives pour prédire quelle sera la position de recouvrement la plus probable pour l'image suivante par le fait que la probabilité que le déplacement relatif du doigt par rapport au capteur soit sensiblement constant est

très élevée. Ceci accélère notablement la vitesse de traitement et de reconstruction de l'image complète lrn de l'empreinte digitale en évitant des calculs inutiles.

L'exemple de reconstruction de l'image complète n'est pas limitatif et d'autres stratégies de reconstruction de l'empreinte digitale complète, peuvent être envisagées.

En particulier, dans ce qui précède on a considéré pour simplifier que l'image de l'empreinte digitale était reconstituée point par point à partir d'images partielles également obtenues point par point. Mais, étant donné que ces images doivent servir ultérieurement à une identification et que cette identification sera en général effectuée par des algorithmes de reconnaissance de forme qui peuvent utiliser des traitements d'extraction de contours, de vectorisation de ces contours, etc..., on peut également envisager que la reconstitution d'image soit directement effectuée sous forme d'ensembles de lignes de contours ou de vecteurs représentant ces contours. L'image utile d'une empreinte digitale est en effet un ensemble de contours correspondant aux crêtes des sillons de cette empreinte. Pour l'authentification, on comparera les ensembles de contours détectés à des ensembles de contour préenregistrés correspondant à un individu à authentifier. Les ensembles de contours pourront alors être stockés sous forme de tables de vecteurs décrivant ces contours.

On peut donc effectuer un traitement d'extraction de contours et/ou une vectorisation directement sur une image partielle, et effectuer ensuite des corrélations sur les contours ou vecteurs d'images partielles successifs pour regrouper les images partielles et établir une image complète directement sous forme d'ensembles de contours ou ensembles de vecteurs.

Cette solution permet d'éviter une reconstitution d'image point par point alors que cette image devra de toutes façons être transformée en ensemble de contours.

Dans d'autre réalisations, la largeur du capteur peut être inférieure à la largeur du doigt, diminuant ainsi encore sa surface, il suffira de balayer la totalité de l'empreinte digitale avec une vitesse adéquate, le système effectuant la reconstitution de l'image complète.

#### Revendications

1. Système de lecture d'une empreinte digitale caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de lecture de l'empreinte digitale lorsque le doigt (11,53) et un capteur (10,50) appartenant aux moyens de lecture sont en contact et dans un mouvement relatif de glissement du capteur (10,50) et du doigt (11,53) l'un par rapport à l'autre et des moyens pour reconstituer une image de l'empreinte (52) à partir d'images partielles (10,11,12,...,ln) obtenues pendant ce mouvement.
2. Système de lecture d'empreinte digitale selon la revendication 1, caractérisé en ce que le capteur (10,50) est fixé sur un bâti, le mouvement relatif du doigt (11,53) par rapport au capteur étant effectué par glissement du doigt sur le capteur.
3. Système de lecture d'empreinte digitale selon la revendication 1, caractérisé en ce que des moyens sont prévus pour déplacer le capteur par rapport à une surface sur laquelle peut être posé un doigt, le mouvement relatif du doigt par rapport au capteur résultant du glissement du capteur par rapport au doigt.
4. Système de lecture d'empreinte digitale selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le capteur (10,50) est un circuit intégré comportant une matrice d'éléments sensibles intégrés sur un substrat (20) semi-conducteur dans lequel est intégré un multiplexeur permettant de mesurer individuellement un signal engendré dans la couche active du capteur lors du déplacement relatif du doigt et du capteur, l'un par rapport à l'autre.
5. Système de lecture d'empreinte digitale selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le capteur comporte une couche active (30) sensible à la pression et/ou à la température.
6. Système de lecture d'empreinte digitale selon la revendication 5, caractérisé en ce que la couche active (30) du circuit intégré est une couche pyro/piezoelectrique permettant de capter un motif matriciel de pression et/ou de température créé par l'empreinte digitale.
7. Système de lecture d'empreinte digitale selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les éléments sensibles du capteur sont constitués par des éléments capacitifs permettant de capter le motif matriciel de capacité créé par les sillons du doigt.
8. Système de lecture d'empreinte digitale selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, caractérisé en ce que l'élément sensible du capteur est de forme rectangulaire.
9. Système de lecture d'empreinte digitale selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que la surface du capteur est plus petite que la surface de l'empreinte digitale et ne délivre que des images partielles de l'empreinte digitale complète.
10. Système de lecture d'empreinte digitale selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le capteur se présente sous forme d'une

barrette de longueur beaucoup plus petite que sa largeur.

11. Système de lecture d'empreinte digitale selon la revendication 10, caractérisé en ce que la largeur de la barrette est sensiblement égale à celle d'un doigt. 5
12. Système de lecture d'empreinte digitale selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que le capteur a une surface active dont la largeur est comprise entre environ 1cm et 2,5 centimètres et sa longueur inférieure à 5 millimètres. 10
13. Système de lecture d'empreinte digitale selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que le capteur comporte une seule ligne d'éléments sensibles. 15
14. Système de lecture d'empreinte digitale selon l'un quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'il comporte, pour la reconstruction d'une image d'empreinte (52), un circuit électronique avec un microprocesseur (60), une mémoire morte (63) programmée avec un algorithme permettant de reconstruire l'image complète de l'empreinte et l'identification de la personne et une mémoire vive (61). 20 25
15. Système de lecture d'empreinte selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de traitement d'images partielles fournies par le capteur, permettant notamment de fournir des contours de lignes de crête d'empreintes digitales, les moyens de reconstitution d'image établissant à partir de ces contours une image globale d'empreinte sous forme de contours. 30 35
16. Système de lecture d'empreinte digitale selon la revendication 15, caractérisé en ce que les moyens de traitement d'images partielles tiennent compte des résultats précédents à une nouvelle recherche de superposition optimale entre deux images successives pour prédire quelle sera la position de recouvrement la plus probable pour l'image suivante par le fait que la probabilité que le déplacement relatif du doigt par rapport au capteur soit sensiblement constant, est très élevée. 40 45

50

55



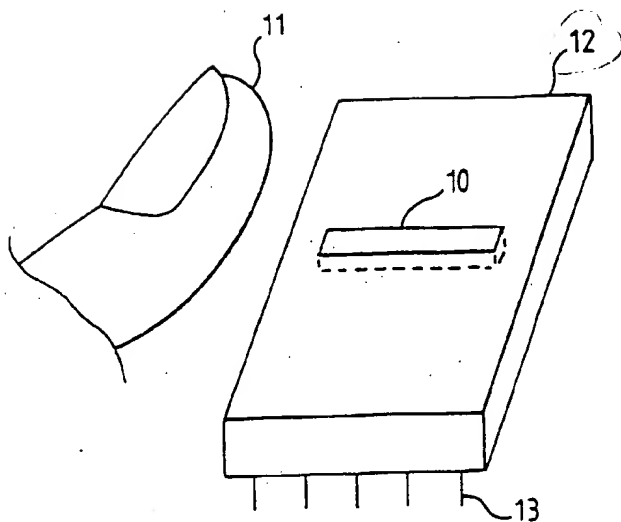


FIG. 1

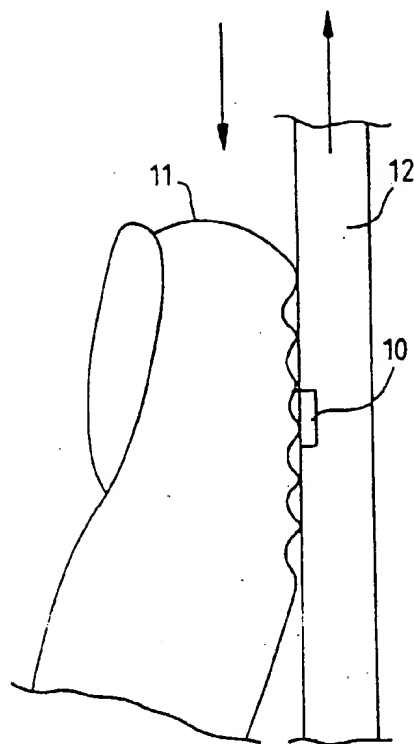


FIG. 2

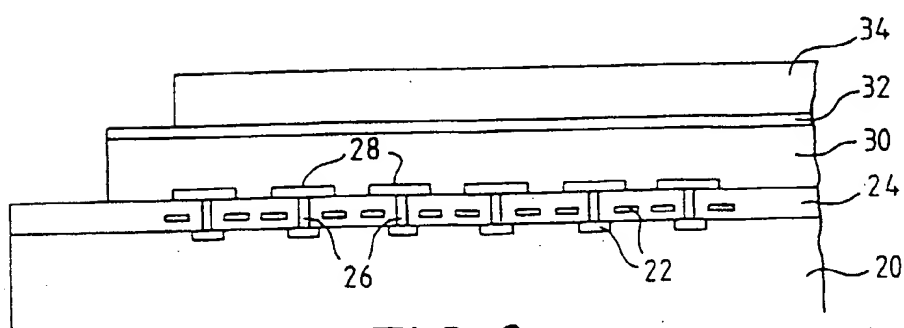


FIG. 3

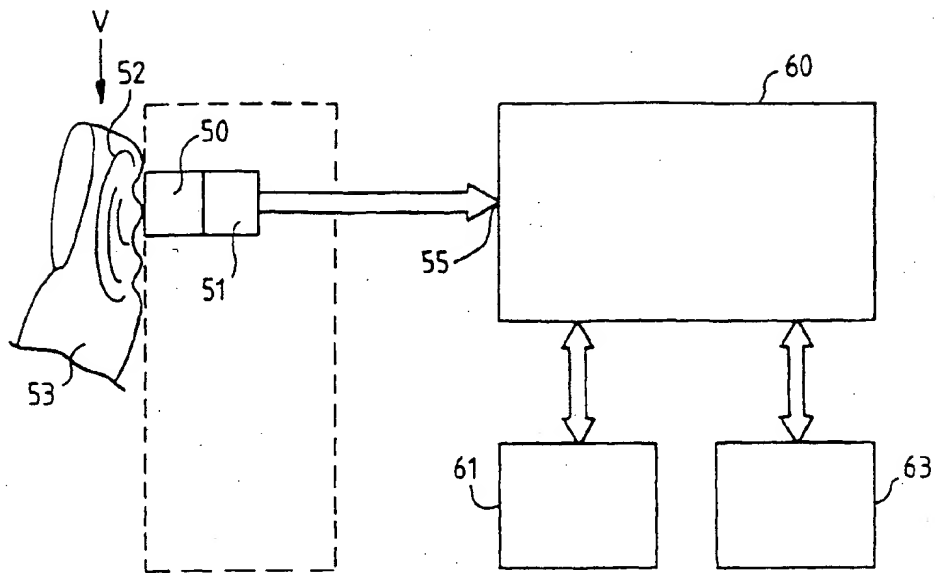


FIG. 4

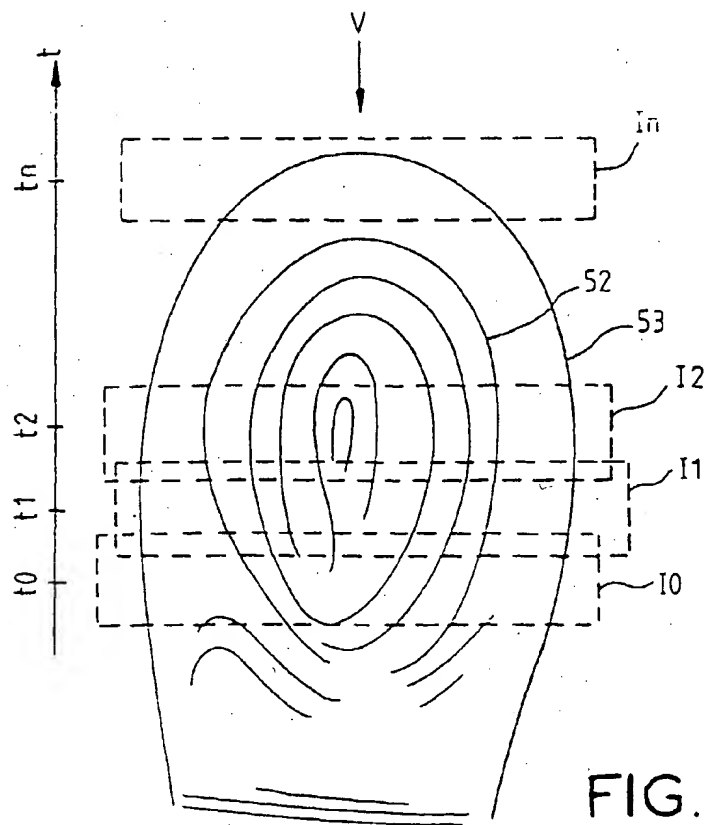


FIG. 5

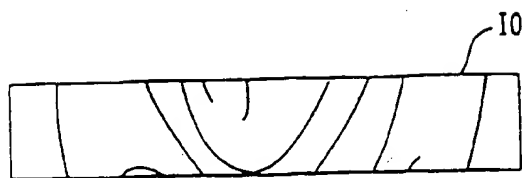


FIG. 6

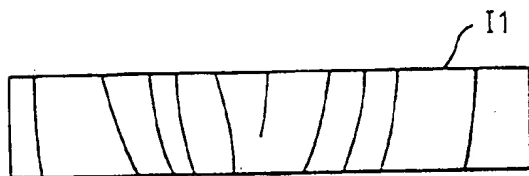


FIG. 7

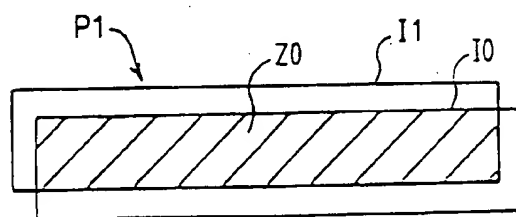


FIG. 8

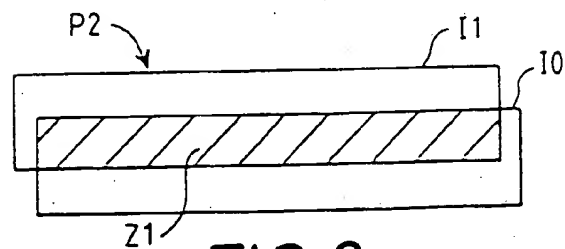


FIG. 9

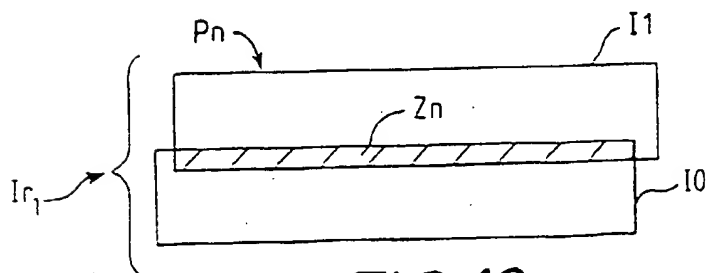


FIG. 10

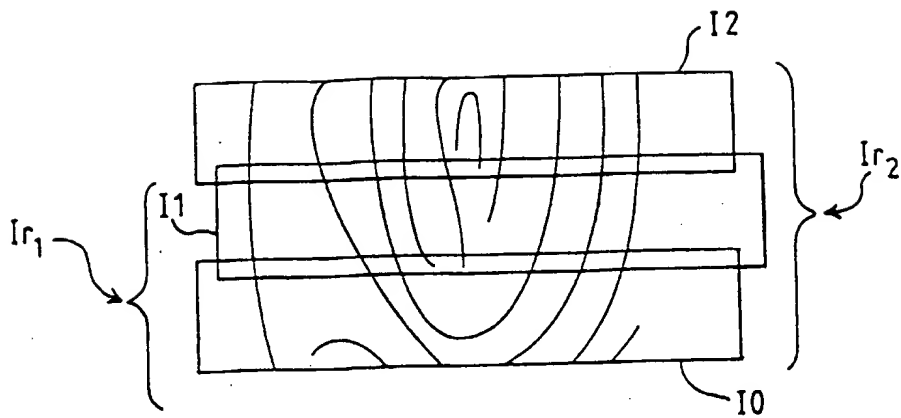


FIG. 11

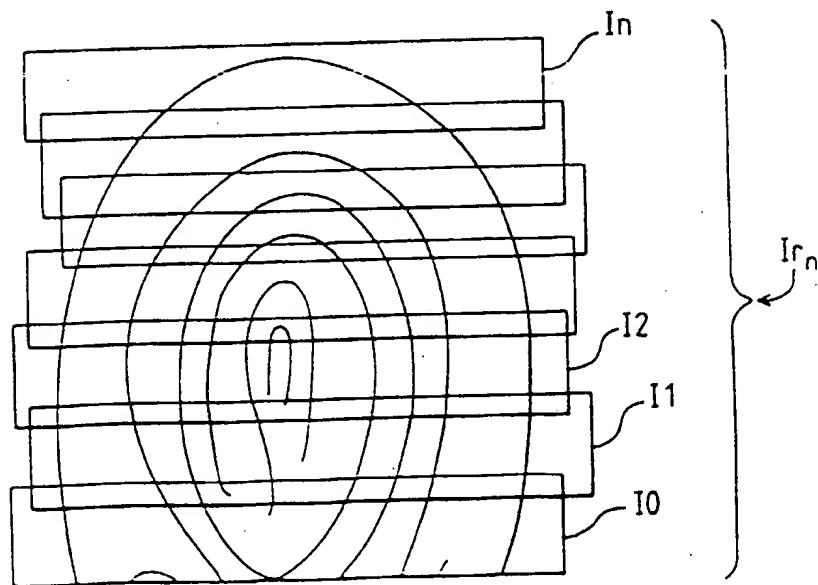


FIG. 12



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 97 40 1345

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	US 4 933 976 A (FISHBINE BRIAN H ET AL) 12 Juin 1990 * abrégé; figures 2-5 *	1-16	G06K9/00
A	FR 2 674 051 A (GEMPLUS CARD INT) 18 Septembre 1992 * abrégé *	1-16	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			G06K
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 25 Août 1997	Examineur Granger, B
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande I : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1501 01.91 (P/0402)

System for reading finger prints

Description

The invention relates to systems for reading finger prints, such systems being employed notably in apparatus for authenticating persons.

The numerous systems for authenticating persons based on an analysis of the finger prints comprise at least one sensor allowing to obtain an image of the finger print of the person to be identified. In the current systems, the finger is placed on the sensor the surface of which necessarily has to be of the order of magnitude of the finger. The sensor is associated with an analysis system for comparing the finger print image output from the sensor with a reference finger print image stored on an adequate medium such as a chip card.

In most cases, the sensors provide information of an analogue type while the analysis system relies on digital processing of the finger print image which has to be digitised at the output of the sensor by means of an analogue-to-digital converter. In certain implementations, the sensor may provide the digitised image immediately.

The systems for reading finger prints are often based on the use of optical devices such as a video camera scanning the image of the finger, but a simple photograph of the same finger enables the same image to be obtained at the output of the camera and, thus, to defraud the system. To obviate this drawback, certain systems use prisms or micro-prisms to ensure that a real finger rather than a photograph is actually presented to the sensor, with light reflection occurring only at the places where the grooves of the finger print do not engage the prism, so that a photograph will not work.

Nevertheless optical systems do not allow to determine whether the finger placed in front of the sensor is really a live finger as opposed to a moulded finger, for example. The optical systems present further drawbacks such as their bulky size and considerable manufacturing cost.

Further devices have been proposed to realise apparatus for authenticating persons through finger prints, benefiting from

the mass production possibilities of the semiconductor industry so that such devices may be less expensive and offer the advantages of integrating the sensor and all or part of the data processing chain of the authentication apparatus, in particular the digitisation of the image at the sensor output, the storage of the reference image, and the authentication. The sensor for reading the finger prints comprises a matrix of sensitive elements, organised in rows and columns, to provide different electric signals depending on whether or not a ridge of the finger print groove touches a sensitive element of the sensor.

Patents have been filed on various devices for reading finger prints:

- US patent no 4,353,056 describes a reading principle based on the variation of the capacity of the sensitive elements of the sensor.

Further systems comprise sensors having components sensitive to pressure, temperature, or both pressure and temperature, and arranged to convert the spatial pressure and/or temperature information into an electric signal which is then gathered by a semiconductor multiplexer which may be a charge transfer matrix, for example, as known under the English term "CCD", such a design being described in US patent 4,394,773.

Sensors based on piezo or pyro-electric effects are the most interesting ones as they are sensitive to the pressure and/or heat exerted on their sensitive elements, which allows to determine, while reading the finger print, whether the finger is indeed alive by judging the heat dissipation of the finger itself. It is also possible to detect the variations due to the blood pulsation in the finger which causes the temperature and/or pressure to vary, allowing to achieve greater reliability in authenticating the finger print.

These types of sensors which can be integrated directly on a semiconductor substrate have drawbacks hampering their introduction to the market. The surface of the sensor is necessarily of the order of magnitude of a finger, i.e. ranging from several square centimetres to approximately ten square centimetres if it is desired to image the entire first limb of

the finger which in that case has to be rolled over the sensor in order to present the whole finger print to the sensor. This decreases the number of possible candidates on a silicon wafer, as the yields in manufacturing silicon wafers decrease in proportion to their surface, considerably increasing the cost of manufacture.

The electric signal provided by the sensors integrated on a semiconductor substrate is volatile and a specific system is required to maintain it over a period of time because the electric charges are induced by variations in the physical effects (temperature, pressure, ...) on the sensor, and consequently the sensor output signal tends to disappear when the physical effects approach a steady state. The decay time constants of the signal are of the order of some milliseconds up to some seconds in favourable cases.

*quality*  
The practical result is that a series of images are produced starting from the instant when the finger is placed on the sensor. The contrast quality of these images is not stable, and they tend to vanish, which complicates the task of the recognition system because the system then has to analyse all the images continuously generated by the sensor, in order to find the most correct image for the authentication.

Systems comprising an external excitation of the sensor, for example by radiating an energy beam in the form of microwaves, have been proposed but such devices complicate the system and increase the size and cost thereof.

The transient disappearance of the finger print image can be remedied with the help of an electronic memory but this complicates the design of the sensor and adds to its manufacturing cost since this requires a technology allowing to realise such storage, and it is very difficult to build a sufficiently precise, reliable and inexpensive system capable of deciding which image among all those produced by the sensor is the best one.

The present invention proposes to remedy the drawbacks of the prior art by proposing a finger print reading system comprising means for reading the finger print when the finger and a sensor forming part of the reading means contact each other in a relative sliding movement of the sensor and the



*partial images*

finger with respect to each other, and means for restoring an image of the finger print from partial images obtained during said movement.

*sliding finger*

Sliding the finger over a sensor mounted on a support, or sliding a mobile sensor over a stationary finger, or more generally sliding the finger and the sensor with respect to each other stabilises the quality of the image provided by the sensor. In fact, during sliding of the finger over the sensor, the physical variations at each sensitive element of the sensor are continuous because the grooves of the finger print successively engage the sensor at a rate of the same order of magnitude or more rapidly than the time constant characteristic of the sensitive layer of the sensor. Under these circumstances, the sensor outputs a series of images having a contrast of constant quality.

Another aspect of the present invention resides in that it is possible to reduce the size of the sensor to dimensions smaller than the size of the finger, insofar as a relative sliding movement of the finger over the sensor is performed. For example, assuming that the finger is displaced on the sensor in the longitudinal direction thereof, the length of the sensor can be reduced so as to cover only a small area of the finger print. In that case, the electric signals provided by the sensor during the relative sliding movement of the finger over the sensor correspond to a succession of partial images of the finger print, and insofar as the relative speed of displacement of the finger with respect to the sensor does not exceed a certain maximum value, an image provided by the sensor at any point in time will overlap the subsequent image at least partially. The complete image of the finger print can be recovered by a specific processing system.

The reduction of size, and hence surface, of the sensor brings about a considerable decrease in the manufacturing cost thereof.

The invention proposes that the sensor forming part of the finger print reading means be characterised in that the surface of the sensor is smaller than the surface of the finger print and provides only partial images of the entire finger print. The restoration of the complete finger print image is obtained

by superimposing successive images provided by the sensor in the course of its relative displacement with respect to the finger.

Further features of the invention will become apparent from the detailed description of the following embodiments provided with reference to the attached drawings in which

- Figure 1 represents a general view of the finger print sensor;
- Figure 2 shows the use of the finger print sensor;
- Figure 3 represents a schematic sectional view of the sensor structure;
- Figure 4 represents a block diagram of an exemplary embodiment of a finger print reading system according to the invention;
- Figure 5 represents various relative positions of the sensor and finger at the time of reading the finger print;
- Figures 6 and 7 represent two successive images at the sensor output;
- Figures 8, 9 and 10 represent attempts at superimposing two successive images output by the sensor;
- Figures 11 and 12 represent two stages of restoring the complete image of the finger print.

Figure 1 shows a general view of an exemplary embodiment of the finger print sensor according to the invention. The finger print sensor 10 is an integrated circuit having the shape of a bar the width of which is substantially equal to that of a finger 11, e.g. 1 or 2 centimetres, while the length of the bar is considerably smaller than its width, e.g. a few millimetres, covering part of the finger print to be read. The sensor is contained in a support 12 comprising pins 13 for external connection.

In one implementation, the integrated circuit is formed by an active pyro/piezo-electric layer disposed between an upper electrode and a matrix network of lower electrodes. The lower electrodes are arranged on a semiconductor substrate incorporating an integrated electronic circuit for processing the electric charges generated by the pyro/piezo-electric layer on each of the electrodes of the network. This integrated

electronic circuit is connected to external connection pins that can transmit electric signals which together represent an image of a pressure pattern exerted on the active layer. The matrix network structure of the lower electrodes allows to realise a network of individual sensitive pyro/piezo-electric elements even if the pyro/piezo-electric layer is continuous. The matrix network of sensitive elements is organised in rows and columns.

The sensitive elements of the sensor are generally of square shape. The sensitivity of the sensitive elements is proportional to their surface. It is possible to increase the sensitivity of the sensitive elements by increasing their surface, for example maintaining the same width of the sensitive element while increasing its length in the direction of relative displacement of the finger with respect to the sensor. For example, if the finger is displaced with respect to the sensor in the direction of the columns of the matrix of sensitive elements, their sensitivity could be practically doubled by realising sensitive elements of rectangular shape the length of which in the direction of the columns would be twice their width in the direction of the rows of the matrix of sensitive elements. This entails the advantage of increasing the quality of resolution and contrast of the images provided by the sensor.

Figure 2 shows the finger 11 when it is applied to the active surface of the integrated circuit at any time of its relative displacement over the sensor 10, a pressure pattern is generated in the pyro and piezo-electric layer and this pattern is detected by the matrix network. The detection is carried out by measuring the charge variation generated in the various pyro/piezo-electric elements of the network. These charge variations are obtained at the lower electrodes of the network. The electric signals provided by the sensor correspond to an image of the pressure and temperature pattern applied to the active surface of the sensor at a given point in time. If these signals were used to display this image at a given point in time, one would observe an image representing part of the finger print of the finger applied to the sensor at any point in time of its displacement relative to the sensor.

*Capacitive*

In another embodiment according to the invention, the sensitive elements of the sensor matrix are formed by capacitive elements allowing to sense the capacitive matrix pattern generated by the ridges and grooves of the finger print sliding across the surface of the sensor. The sensor converts the capacitive matrix pattern into electric signals which - like in the previous mode of implementation - correspond to a part of the finger print at any point in time of its displacement relative to the sensor.

In order to decrease system cost, it would be possible to use a sensor comprising a single line of sensitive elements and to carry out a relative displacement of the finger substantially perpendicular to the line of sensitive elements but it would be necessary to know the speed of relative displacement of the finger with respect to the sensor exactly and at every point in time of the displacement in order to restore the complete image of the finger print without distortion. One solution for restoring the image without distortion would consist in imposing the relative speed of displacement of the sensor with respect to the finger, for example by using a sensor driven by a controlled electric motor, with the finger being kept stationary.

In a particularly inexpensive system for authenticating finger prints according to the invention, it would be possible to use a sensor comprising a single line of sensitive elements without the system knowing or imposing the speed of relative displacement of the finger over the sensor. In fact, although the finger print cannot be restored in its precise form, it could be authenticated by means of a suitable image processing algorithm.

In order to avoid these constraints, the sensor will be required to comprise several lines of sensitive elements allowing the reading system to restore the complete image of the finger print. Preferably, the number of lines of the sensor will be as low as possible in order to obtain a sensor having a very small surface and hence low cost.

The minimum number of sensor lines required depends on:

- the size of the sensitive elements of the sensor (pixels),

- the relative velocity of the finger with respect to the sensor,

- the number of images per second that the sensor will be able to provide because a sufficient overlap between two successive images is mandatory,

- the efficiency of the algorithm for processing the partial images output by the sensor, allowing recovery of the complete image of the finger print.

At least one overlapping line is necessary between two successive images provided by the sensor, but in practice about 5 to 6 overlapping lines appear necessary in order to obviate certain deficiencies of the sensor and to render the system more tolerant of quality losses in the image seeing that the average distance between two successive grooves of the finger print is of the order of 120 micrometres. The sensor has to comprise a sufficient number of lines to be able to restore the complete image of the finger print without too much difficulty. The number of lines can be established in the following manner:

Assuming that the distance between two successive sensitive elements is 50 micrometres and the width of the active zone of the sensor is 2.5 centimetres, each line of the sensor will comprise 500 sensitive elements. Using a sensor which comprises 40 lines (corresponding to a sensor length of 2 millimetres), the total number of sensitive reading elements will be 20,000. If the reading rate is limited to one million sensitive elements per second, the sensor will provide 50 images a second. Using an overlap of 10 sensitive elements - i.e. 10 lines - in the longitudinal direction of the images, the maximum displacement of the finger between two successive images must not exceed 30 sensitive elements between two images, i.e. 1,500 micrometres within 20 milliseconds, i.e. 7.5 centimetres per second, which is a reasonable velocity of relative displacement of the finger with respect to the sensor.

The reduction of the number of sensor lines allows to obtain more images per second for a same rate of reading sensitive elements per second, but the maximum distance that the finger may travel on the sensor is reduced accordingly. Rather it is necessary to increase the reading frequency of the sensitive elements to be able to accept higher speeds of

relative displacement of the finger over the sensor.

The dimensions of the active surface of the sensor will preferably range from 1 cm to 2.5 cm for the width and be below 5 millimetres for the length.

Although the electronic processing would be rendered more complex, one might envisage a sensor of a width substantially smaller than that of a finger, provided that the finger is passed over the sensor (or the sensor over the finger) several times in order to cover the whole desired surface of the finger print to be read. This allows to have a sensor of small dimension which could be realised at lower cost.

The systems for authenticating persons through finger prints in practice always comprise digital processing of the image to authenticate the individual. The simplest realisation consists in incorporating the image recovery algorithm in the system comprising the authentication algorithm.

One possible solution consists in integrating, on the substrate of the sensor itself, the analogue-to-digital converter which digitises the image and sends the resulting data to a microprocessor comprising a ROM containing the recovery algorithm and a RAM containing the restored image as the end result of processing. This image will subsequently be processed in apparatus of the system performing the identification.

The invention is not limited to these various proposed solutions and other solutions of integration are possible in accordance with the possibilities offered by the semiconductor technologies.

Figure 3 schematically represents an example of an integrated circuit constituting the finger print sensor according to the invention.

The integrated circuit is formed on a semiconductor substrate 20 which is basically a silicon substrate. Circuits for reading and processing electric charges 22 are formed in that substrate; these circuits may be CCD circuits (charge coupled devices) or C-MOS circuits. They are realised according to current technologies of manufacturing integrated silicon circuits. The circuits are arranged to form a network in dependence on the matrix pattern of piezo-electric elements

which will be finally formed.

Basically the totality of the signal reading and processing circuits is covered by a planarisation layer 24 which may be a polyimide layer having a thickness of some micrometres, deposited with the help of a spinning machine, for example.

The planarisation layer 24 is periodically engraved, in dependence on the pattern of piezo-electric elements which is to be formed, to open apertures 26 through which each of the individual piezo-electric elements can be connected to a respective charge reading circuit of the silicon substrate.

A network of lower electrodes 28 is formed on the planarisation layer; each electrode will contact a charge reading circuit of the silicon substrate through a respective aperture 26.

An active piezo-electric layer 30 is deposited on the substrate which has been covered by a network of electrodes as mentioned above. This layer is preferably made of a polymer pyroelectric material and may be continuous. This layer is relatively flexible (polymer plastics material). It is coated with a continuous upper electrode 32. The resulting structure defines a network of piezo-electric elements which are each constituted by a lower electrode 28, the portion of the piezo-electric layer 30 situated just above the lower electrode 28, and the portion of upper electrode 32 covering it. The electric charges that are generated by a pressure locally exerted on this element are read by the associated reading circuit which is electrically connected to the associated lower electrode through an aperture 26.

A protective layer 34, e.g. a polyimide layer having a thickness of approximately ten micrometres, is deposited on the upper electrode 32. This protective layer has to be both sufficiently rigid and sufficiently flexible to transmit, vertically and without modification, the pattern of pressures exerted on it (the finger being applied directly onto this layer).

The electronic circuits of substrate 20 are connected externally through contact pads (not shown) situated on the surface of the circuit.

The material of the pyro/piezo-electric layer may be a

polyfluoride of vinylidene (PVDF), a polyfluoride of vinylidene-trifluoroethylene (PVDF-TrFE), a polycyanogen of vinylidene-vinylacetate (PVDCN-VAc), a polycyanogen of vinylidene-vinylidenefluoride (PVDCN-VDF). Other sensitive layers are possible, in particular all those producing electric charges in dependence on a physical parameter.

In the case of the copolymers cited above, the main effect utilised is the generation of electric charges induced by the variation in temperature and/or pressure of the copolymer. This variation in temperature and/or pressure is caused by the contact of the groove ridges of the finger print with the surface of the sensor, generally constituted by a thin protective layer of several ten micrometres which avoids excessive lateral thermal dissipation, deposited on a network of electrodes connected to the multiplexing circuit.

In the following, we will describe an exemplary embodiment of a system according to the invention comprising a sensor having a surface substantially smaller than the surface of the finger print to be read, the length of the sensor (number of sensor matrix lines) being substantially smaller than its width (length of the sensor lines), the width of the sensor in this example being at least equal to the width of the finger whose print is to be read.

Figure 4 represents a block diagram of a system comprising a sensor 50 on a semiconductor substrate which has an analogue-to-digital converter 51 incorporated on the same substrate to provide digitised partial images of the finger print 52, for example of a finger 53, at successive points in time in the course of a relative displacement of the finger 53 over the sensor 50. The digitised partial images are applied to the processing input terminals 55 of a microprocessor 60 comprising a RAM 61 and a ROM 63 containing a processing algorithm allowing to restore the complete image of the finger print 52 of finger 53 and to authenticate this finger print.

We will describe the operation of the system illustrated by the block diagram of Figure 4:

Let us consider the finger 53 and its finger print 52 represented in Figure 5. The finger 53 slides over the sensor perpendicularly to the rows of the matrix of sensitive elements



of the sensor, along direction V. The various positions at times  $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$  of the active window of the sensor in the course of its relative displacement with respect to finger 53 are represented in dashed lines. The sensor generates the successive images  $I_0, I_1, I_2, \dots, I_n$  at the respective points in time  $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$ , and the speed of relative displacement of the finger over the sensor is such that at least one image overlaps part of the subsequent image. For example,  $I_0$  partially overlaps  $I_1$ ,  $I_1$  partially overlaps  $I_2$ , etc.

To better illustrate the representation of the relative movement of finger 53 with respect to the sensor 50 in Figure 5, the finger 53 is shown stationary and the sensor 50 mobile with respect to the finger; the operation of the system would be the same if the finger were mobile and the sensor kept stationary, or termed more generally, if a mobile finger slid across a mobile sensor. The parameter to be considered is the relative movement of the finger and the sensor with respect to each other, in a direction substantially perpendicular to the width of the sensor.

Let us consider the initial point in time  $t_0$  as the time of reading the first partial image  $I_0$  of the finger print 52. Figure 6 shows the first partial image  $I_0$  provided by the sensor at time  $t_0$ , and Figure 7 shows the second partial image  $I_1$  provided by the sensor at time  $t_1$ , of the finger print 52.

The images  $I_0, I_1, I_2, \dots, I_n$  are transmitted to the input terminals 55 of the microprocessor 60 and stored in the RAM 61. The algorithm located in ROM 63 performs processing of the images stored in the RAM 61 and consists in successively trying all the possibilities of overlapping the images  $I_0$  and  $I_1$  and assigning each attempt a correlation coefficient. The best correlation coefficient indicates the optimum overlapping position of the two images  $I_0$  and  $I_1$  to the system, and the operation will restart on the subsequent image  $I_2$  provided by the sensor 50 to microprocessor 60 etc, until the finger print has been completely restored.

Various correlation strategies can be employed to restore the complete image of the finger print from the successive partial images of this finger print. For example, one

correlation strategy consists in comparing the levels of all sensitive elements of each of the first two successive images I0 and I1 for each possible case of overlapping of the two images.

Figure 8 shows a first attempt performed by the processing algorithm of the system in a first position P1 for superimposing the two images I0 and I1 on a zone Z0 common to both images. The processing system compares the levels of those sensitive elements of each image I0 and I1 that are located at the same points of the common zone Z0, and if the number of sensitive elements having substantially identical levels is below a predetermined value, the system shifts the position for superimposing the two images to a subsequent position P2 (shown in Figure 9) corresponding to a new superimposing zone Z1 of the images I0 and I1 and the system performs another comparison of the levels of the sensitive elements of both images I0 and I1 in the zone Z1 and so on for the following positions P3, ..., Pn of the two images (as shown in Figure 10) until the number of sensitive elements having substantially identical levels at the same points in an overlap zone Zn common to both images I0 and I1 exceeds a predetermined value corresponding to a probable identity of the respective zones Zn of the images I0 and I1 in the position Pn.

A resulting image Irl, shown in Figure 10, of the two images I0 and I1 could be an image derived from a weighting between the two images I0 and I1 in their position Pn of optimum overlap, allowing to improve the quality of the image resulting from the superimposing algorithm. The image Irl is kept in the RAM of the microprocessor for the continuation of the processing.

Figure 11 illustrates the subsequent image I2 which is output from the sensor 50 at time t2, transmitted to the microprocessor 60 and in turn compared with the resulting image Irl in the same manner as before, allowing to obtain an image Ir2, illustrated in Figure 11, resulting from superimposing I0, I1 and I2 in their optimum overlapping position. The process is repeated in the same manner until the complete image Irn of the finger print 52 has been obtained, as represented in Figure 12.

The processing algorithm of the system can take account of

the results preceding a new search for optimum superposition between two successive images in order to predict the most likely overlapping position for the subsequent image on the basis of the very high probability that the relative displacement of the finger with respect to the sensor is substantially constant. This considerably accelerates the velocity of processing and restoring the complete image from the finger print by avoiding useless calculations.

The exemplary restoration of the complete image is not limiting and other strategies for restoring the complete finger print can be envisaged.

In particular, the above description considered, for simplicity, that the image of the finger print was restored point by point on the basis of partial images likewise obtained point by point. However, seeing that these images finally have to serve an identification purpose and that this identification is generally performed by shape recognition algorithms which may utilise contour extraction processing, vectorisation of these contours etc, one may also contemplate that the image recovery be performed directly in the form of sets of contour lines or vectors representing these contours. The useful image of a finger print is in fact a set of contours corresponding to the groove ridges of this finger print. For the authentication, the detected contour sets will be compared with pre-stored contour sets corresponding to an individual to be authenticated. The contour sets can then be stored in the form of tables of vectors describing these contours.

Therefore, one can carry out a contour extraction processing and/or a vectorisation directly on a partial image, and subsequently perform correlations on the successive contours or vectors of partial images in order to regroup the partial images and establish a complete image directly in the form of sets of contours or sets of vectors.

This solution allows to avoid image recovery on a point-by-point basis when this image has to be converted anyway into a set of contours.

In other embodiments, the width of the sensor may be smaller than the width of the finger, further decreasing the sensor surface, it will be sufficient to scan the total surface

of the finger print at an adequate speed, with the system performing the restoration of the complete image.

### Claims

1. System for reading a finger print, characterised in that the system comprises means for reading the finger print when the finger (11, 53) and a sensor (10, 50) forming part of the reading means contact each other and are in a relative sliding movement of the sensor (10, 50) and the finger (11, 53) with respect to each other, and means for restoring an image of the finger print (52) from partial images (I0, I1, I2, ..., In) obtained during said movement.

2. System for reading a finger print according to claim 1, characterised in that the sensor (10, 50) is mounted on a support and the relative movement of the finger (11, 53) with respect to the sensor is performed by sliding the finger across the sensor.

3. System for reading a finger print according to claim 1, characterised in that means are provided for displacing the sensor relative to a surface on which a finger can be placed, and the relative movement of the finger with respect to the sensor results from sliding the sensor with respect to the finger.

4. System for reading a finger print according to any of claims 1 to 3, characterised in that the sensor (10, 50) is an integrated circuit comprising a matrix of sensitive elements integrated on a semiconductor substrate (20) which incorporates a multiplexer allowing to individually measure a signal generated in the active layer of the sensor when the finger and the sensor are displaced relative to each other.

5. System for reading a finger print according to any of claims 1 to 4, characterised in that the sensor comprises an active layer (30) sensitive to pressure and/or temperature.

6. System for reading a finger print according to claim 5, characterised in that the active layer (30) of the integrated circuit is a pyro/piezo-electric layer allowing to sense a pressure and/or temperature matrix pattern generated by the finger print.

7. System for reading a finger print according to any of claims 1 to 4, characterised in that the sensitive elements of the sensor are constituted by capacitive elements allowing to sense the capacity matrix pattern generated by the grooves of

the finger.

8. System for reading a finger print according to any of claims 4 to 7, characterised in that the sensitive element of the sensor has a rectangular shape.

9. System for reading a finger print according to any of claims 1 to 8, characterised in that the surface of the sensor is smaller than the surface of the finger print and provides only partial images of the entire finger print.

10. System for reading a finger print according to any of claims 1 to 9, characterised in that the sensor is embodied by a bar the length of which is considerably smaller than the width thereof.

11. System for reading a finger print according to claim 10, characterised in that the width of the bar is substantially equal to the width of a finger.

12. System for reading a finger print according to any of claims 10 and 11, characterised in that the sensor has an active surface the width of which is comprised between approximately 1 cm and 2.5 centimetres and the length of which is smaller than 5 millimetres.

13. System for reading a finger print according to any of claims 1 to 12, characterised in that the sensor comprises a single line of sensitive elements.

14. System for reading a finger print according to any of claims 1 to 13, characterised in that the system comprises, for restoring an image of a finger print (52), an electronic circuit including a microprocessor (60), a ROM (63) storing an algorithm for restoring the complete image of the finger print and identifying the person, and a RAM (61).

15. System for reading a finger print according to any of claims 1 to 14, characterised in that the system comprises means for processing partial images provided by the sensor, in particular allowing to provide the contours of ridge lines of finger prints, and the image restoring means are arranged to establish, on the basis of these contours, a complete finger print image in the form of contours.

16. System for reading a finger print according to claim 15, characterised in that the means for processing partial images take account of the results preceding a new search for

optimum superposition between two successive images in order to predict the most likely overlapping position for the subsequent image on the basis of a very high probability that the relative displacement of the finger with respect to the sensor is substantially constant.

### Abstract

The invention proposes a system for reading finger prints which comprises a finger print sensor (10, 50) having an active surface sensitive to the pressure and temperature of a finger (11, 53), the sensor surface being considerably smaller than the surface of the finger print (52) to be read, and the finger print is read when the sensor and the finger contact each other and are in a relative sliding movement of the sensor and the finger with respect to each other. The system comprises means for restoring a complete image of the finger print from the partial images (I0, I1, ..., In) provided by the sensor during said movement.

For use in particular in apparatus for authenticating persons.